دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی فیزیک گرایش لیزر

بررسی انتشار امواج سالیتونی در پلاسمای کوانتومی مغناطیسی با استفاده از روش اختلال

استاد راهنما:

دکتر حسن رنجبرعسکری

استاد مشاور

مهندس حمیدرضا باغشاهی

دانشجو:

لیلا امیرشکاری

بهمن ۱۳۹۰

چکیده

آزمایش‌های زیادی با استفاده از سالیتون‌ها در کاربردهای فیبر نوری انجام شده است. پایداری ذاتی سالیتون‌ها امکان ارسال به فواصل طولانی را بدون استفاده از تقویت‌کننده‌ها مقدور می‌سازد. در این پایان‌نامه، امواج سالیتونی یون- صوتی در پلاسمای گرم و پلاسمای کوانتومی مغناطیسی مورد بررسی قرار خواهند گرفت. مدل مگنتوهیدرودینامیک کوانتومی جهت بررسی انتشار امواج غیرخطی یون- صوتی در پلاسما به کار برده می‌شود، با استفاده از مختصات مناسب و روش اختلال کاهیده معادله‌ی کرتوگ- دوریس مربوط به موج سالیتونی به‌دست خواهد آمد. با حل این معادله‌ی سالیتونی سرعت فاز، دامنه، پهنا و پیک پتانسیل سالیتونی محاسبه می‌شود. اثرات دما، پارامتر بدون بعد H و چگالی پلاسما بر نحوه‌ی انتشار امواج سالیتونی در پلاسما مورد بحث قرار خواهد گرفت.

واژگان کلیدی: امواج سالیتونی یون- صوتی، پلاسما، سالیتون، معادله‌ی کرتوگ- دوریس، روش اختلال کاهیده

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل اول

مقدمه ۱

فصل دوّم: خصوصیات عمومی پلاسما

۲-۱- پلاسما ۶

۲-۲- پلاسما چهارمین حالت ماده ۷

۲-۳- توصیف سیالی پلاسما ۸

۲-۴- تولید پلاسما ۹

۲-۴-۱- تخلیه‌ی الکتریکی ۹

۲-۴- ۲- فوتویونش ۹

۲-۵- معیارهای لازم جهت تعریف پلاسما ۱۰

۲-۵-۱- خنثایی ماکروسکوپی ۱۰

۲-۵-۲- فرکانس پلاسما ۱۱

۲-۵-۳- حفاظ الکتریکی دبای ۱۴

۲-۶- کاربردهای پلاسما ۱۴

۲-۷- پلاسمای مغناطیسی ۱۵

۲-۸- پلاسمای غیرمغناطیسی ۱۵

۲-۹- دینامیک فیزیک پلاسما ۱۶

۲-۱۰- معادلات انتقال ماکروسکوپی ۱۷

۲-۱۰-۱- معادله‌ی انتقال کمیت فیزیکی ۱۸

۲-۱۰-۲- معادله‌ی انتقال تکانه ۱۹

۲-۱۰-۳- معادله‌ی انتقال انرژی ۲۰

۲-۱۱- انواع پلاسما ۲۰

۲-۱۱-۱- پلاسمای سرد ۲۰

۲-۱۱-۲- پلاسمای گرم ۲۱

عنوان ..... صفحه

۲-۱۲- پلاسمای کوانتومی ۲۲

۲-۱۲-۱ پتانسیل بوهم ۲۳

۲-۱۲-۲ فشار کوانتومی ۲۳

فصل سوّم: مقدمه‌ای بر فیزیک سالیتون‌ها

۳-۱- تعریف سالیتون ۲۴

۳-۲- تاریخچه‌ی سالیتون ۲۵

۳-۳- سالیتون‌های اپتیکی ۲۸

۳-۴- سالیتون‌های فضایی و زمانی ۲۸

۳-۵- مشاهده‌ی تجربی سالیتون‌های فضایی ۲۹

۳-۶- امواج در پلاسما ۳۰

۳-۶-۱- امواج الکترونی پلاسما ۳۱

۳-۶-۲- امواج صوتی ۳۳

۳-۶-۳- امواج یونی ۳۴

۳-۷- سرعت فاز ۳۴

۳-۸- سرعت گروه ۳۵

۳-۹- پاشندگی ۳۶

۳-۱۰- فیزیک پلاسمای غیرخطی ۳۷

۳-۱۱- معادله‌ی kdv ۳۸

فصل چهارم: بررسی انتشار امواج سالیتونی در پلاسماهای معمولی با استفادهاز روش اختلال

۴-۱- مقدمه ۴۱

۴-۲- بررسی انتشار امواج سالیتونی در پلاسمای الکترونی گرم ۴۲

۴-۲-۱- معادلات بهنجار حاکم بر پلاسمای الکترونی گرم ۴۲

۴-۲-۲- ضرائب مرتبه $\varepsilon^{3/2}$ ۴۴

۴-۲-۳- محاسبه‌ی عدد ماخ ۴۴

۴-۲-۴- ضرائب مرتبه $\varepsilon^{5/2}$ ۴۵
۴-۳- محاسبه‌ی معادله‌ی کرتوگ- دوریس و جواب سالیتونی آن ۴۵
۴-۴- مقادیر عددی و رسم نمودارهای مربوط به انتشار امواج سالیتونی در پلاسمای گرم..... ۴۷
۴-۵- انتشار امواج سالیتونی در پلاسمای گرم مغناطیسی ۴۸
۴-۶- رسم نمودارهای انتشار امواج سالیتونی در پلاسمای گرم با حضور میدان مغناطیس..... ۵۱

فصل پنجم: بررسی انتشار امواج سالیتونی در پلاسمای کوانتومی با استفاده از روش اختلال

۵-۱- مقدمه ۵۵
۵-۲- امواج سالیتونی در پلاسمای کوانتومی ۵۶
۵-۳ رسم نمودارهای مربوط به امواج سالیتونی در پلاسمای کوانتومی ۵۹
۵-۴ بررسی اثرات میدان مغناطیسی، بر انتشار امواج سالیتونی در پلاسمای کوانتومی ۶۱
۵-۴-۱ معادلات مگنتوهیدرودینامیک حاکم بر پلاسمای کوانتومی الکترون- یون ۶۱
۵-۴-۲ بهنجار کردن معادلات مگنتوهیدرودینامیک حاکم ۶۲
۵-۴-۳ معادلات بهنجار شده مگنتوهیدرودینامیک در دستگاه مختصات استوانه‌ای ۶۳
۵-۵ کاهش معادلات مگنتوهیدرودینامیک به معادله کرتوگ- دوریس و حل دقیق ۶۳
۵-۵-۱ ضرائب مرتبه پایین ε ۶۵
۵-۵-۲ محاسبه‌ی عدد ماخ ۶۶
۵-۵-۳ ضرائب مرتبه بالاتر ε ۶۷
۵-۶ معادله کرتوگ-دوریس و حل دقیق آن ۶۸
۵-۷ رسم نمودارهای مربوط به امواج سالیتونی در پلاسمای کوانتومی با حضور میدان مغناطیسی ..۶۹

فصل ششم

۶-۱- نتیجه‌گیری و پیشنهادات..... ۷۱
منابع ۷۳

عنوان ..... صفحه

فهرست شکل‌ها

شکل (۴-۱)- نمودار φ_1 برحسب η، برای $p=0.4$، $t_p=2.1,2.2,2.5$ دریک پلاسمای گرم ... ۴۷

شکل (۴-۲)- نمودار φ_1 برحسب η، برای $\mu>1$، $n_{e0}=2$ و $n_{i0}=0,0.3,0.5$ در یک پلاسمای گرم ۴۷

شکل (۴-۳)- نمودار φ_1 برحسب η، برای $\mu<1$، $n_{e0}=2$و $n_{i0}=0,0.3,0.5$ در پلاسمای گرم۴۸

شکل (۴-۴): نمودار φ_1 برحسب η و τ در پلاسمای گرم..... ۴۸

شکل (۴-۵)- نمودار φ_1 برحسب η، به ازای $\delta=0.6$، و $L_z=0.1,0.3,0.5$ در پلاسمای گرم مغناطیسی..... ۵۲

شکل (۴-۶)- نمودار φ_1 برحسب η، به ازای $\delta=0.6$، و $\delta=0.1,0.3,0.6$ در پلاسمای گرم مغناطیسی..... ۵۲

شکل (۴-۷)- نمودار φ_1 برحسب L_z، به ازای $\delta=0.1,0.3,0.6$ در پلاسمای گرم مغناطیسی ... ۵۳

شکل (۴-۸)- نمودار w برحسب L_z، به ازای $\omega_{ci}=0.007,0.008,0.009$ در پلاسمای گرم مغناطیسی..... ۵۳

شکل (۵-۱)- نمودار φ_1 برحسب η و τ در یک پلاسمای کوانتومی.....۵۹

شکل (۵-۲)- نمودار φ_1 برحسب η، برای $\rho=0.4$، $\mu=0.8$و $H=2,2.5,3$ در پلاسمای کوانتومی..... ۶۰

شکل (۵-۳)- نمودار φ_1 برحسب η، برای $\rho=0.4,0.8$و $H=2$ در پلاسمای کوانتومی..... ۶۰

شکل (۵-۴)- نمودار φ_1 برحسب η، برای $\rho=0.4,0.8$ و $H=2$ در پلاسمای کوانتومی..... ۶۱

شکل (۵-۵)- نمودار φ_1 برحسب η، $H=20,50,70$ ۷۰

شکل (۵-۶)- نمودار φ_1 برحسب η، برای $H=2$ و $B_\circ=0.002,0.003,0.004$ ۷۰

شکل (۵-۷)- نمودار W برحسب H، برای $t_e=10\text{^}7$، و $B_0=0.002$ ۷۰

عنوان ..... صفحه

فهرست مخفف‌ها

Kdv کورتوگ- دوریس..... ۳۸
QMHD مدل مگنتوهیدرودینامیک کوانتومی..... ۵۵

فصل اوّل

مقدمه

فصل دوّم

خصوصیات عمومی پلاسما

فصل سوّم

مقدمه‌ای بر فیزیک سالیتون‌ها

فصل چهارم

بررسی انتشار امواج سالیتونی در پلاسماهای معمولی با استفاده از روش اختلال

فصل پنجم

بررسی انتشار امواج سالیتونی در پلاسمای کوانتومی با استفاده از روش اختلال

فصل ششم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مراجع

فصل اوّل

مقدمه

پلاسما از ریشه‌ی یونانی $\pi\lambda\alpha\sigma\mu\alpha$ به معنی هر چیز به قالب ریخته شده گرفته شده است. که توسط دانشمند ماهر پزشکی، اهل چکوسلاواکی، یوهانس پارکینج[1] (۱۸۶۹-۱۷۸۷) ارائه شد. در سال ۱۹۲۷ اروینگ لانگمویر[2]، شیمیدان آمریکایی برنده‌ی جایزه نوبل اولین بار این لغت را برای توصیف یک گاز یونیزه استفاده کرد. او طی تحقیقات خود، در رابطه با تخلیه‌ی الکتریکی بخار جیوه در فشار پایین، متوجه شد که در طول لامپ شیشه‌ای ستون روشنی ایجاد می‌گردد که از خود خصوصیات یکنواخت الکتریکی و اپتیکی بروز می‌دهد، این حالت جدید ماده که در آن ذرات تشکیل‌دهنده با هم ترکیب شده‌اند، پلاسما نام گرفت که اصل لغوی آن از واژه‌ی یونانی plasso به معنی قالب یا سرشت می‌باشد [۱].

پلاسما مطالعه‌ی مجموعه‌ای از ذرات باردار است که در آن نیروی کولنی بلندبرد عامل مهمی در تعیین خواص آماری سیستم است. چگالی این سیستم باید به اندازه‌ای کم باشد که نیروی ناشی از ذرات مجاور کمتر از نیروی کولنی بلندبرد اعمال شده به‌وسیله‌ی ذرات مجزا باشد. به‌عبارتی فیزیک پلاسما، مطالعه‌ی گاز یونیزه شده‌ی کم‌چگال است. هم‌چنین عبارت حالت چهارم ماده، برای توصیف حالت پلاسما اوّلین بار توسط کروکس[3] استفاده شد. این عبارت از این ایده گرفته شده است، همان‌طور که یک جامد بر اثر حرارت و تغییر فاز به حالت جدیدی معمولاً مایع تبدیل می‌شود، اگر حرارت دادن مایع ادامه یابد مایع نیز به گاز تبدیل

[1] Johanes Purkinje
[2] Irving Langmuir
[3] Crookes

می‌شود. این فرآیند هم‌چنان ادامه می‌یابد تا این‌که گاز نیز یونیزه شود. در دماهای بسیار بالا و در حدود 10^5 درجه‌ی کلوین بسیاری از مواد به‌صورت یونیزه شده وجود دارند که به‌عنوان حالت چهارم ماده شناخته می‌شوند. حالت پلاسما می‌تواند با انجام فرآیندهای خاصی در دماهای پایین‌تر نیز وجود داشته باشد، البته با این شرط که چگالی تعداد ذرات به قدری کم باشد که از بازترکیب ذرات جلوگیری شود. اگرچه درصد زیادی از جهان پیرامون ما را پلاسما تشکیل می‌دهد اما میزان پلاسمای طبیعی که روی زمین وجود دارد بسیار کم است زیرا دمای پایین و چگالی بالای زمین و هم‌چنین اتمسفر نزدیک سطح زمین از وجود پلاسما جلوگیری می‌کنند. بنابراین برای تولید پلاسما باید از تجهیزات آزمایشگاهی استفاده شود. فیزیک پلاسما عموماً با شاخه‌های دیگر فیزیک، از جمله مکانیک کلاسیک، الکترومغناطیس و مکانیک آماری غیرنسبیتی نیز در ارتباط است[۲].

اخیراً پلاسماهای کوانتومی، به‌دلیل کاربردشان در صنعت، هم‌چنین کاربردهای پتانسیلی آن در حوزه‌ی وسیعی از علوم از جمله در کارهای آزمایشگاهی و فیزیک نجومی مورد توجه قرار گرفته‌اند. کاربردهای آزمایشگاهی آن می‌تواند در زمینه‌ی تولید کامپیوترهای جدید، ابزارهای نیمه‌رسانا، نقاط کوانتمی[۱]، سیم‌های کوانتومی، پلاسمای فوق سرد، میکروپلاسماها[۲]، بیوفوتونیک[۳] و آزمایشگاه‌های پلاسمای لیزر حالت جامد باشد. در بحث فیزیک نجومی، فیزیک پلاسمای کوانتومی در درک رفتار اجسام نجومی فوق‌چگال دارای اهمیت می‌باشد. تلاش‌های زیادی برای درک و بررسی رفتار پلاسمای کوانتومی صورت گرفته است[۳]. برخی محققین، اثر پاشندگی ایجاد شده به‌وسیله‌ی پتانسیل بوهم[۴] کوانتومی را با امواج پلاسمای الکتروستاتیک ترکیب کردند در حالی‌که در بسیاری از تحقیقات بدون در نظر گرفتن اثر پتانسیل بوهم، اثر اسپین الکترون در مطالعه‌ی امواج مگنتوهیدرودینامیک در فرکانس‌های کم و در یک پلاسمای مغناطیسی فرمیونی یون- الکترونی مطالعه شده است. نتایج بیان شده در این زمینه، در انتشار امواج الکترومغناطیسی در اجسام نجومی فوق‌چگال، همانند پلاسماهای تولید شده به‌وسیله‌ی پرتوهای قوی لیزری که شامل میدان مغناطیسی قوی می‌باشد، اساساً جالب هستند[۴].

---

[1] Quantum Dot
[2] Micro Plasma
[3] Bio Photonics
[4] Bohm Potential

فیزیک خورشید و در گستره بیشتر، الکترودینامیک کیهانی یکی از مسیرهایی هستند که فیزیک پلاسما در آن رشد و توسعه یافته است. مخصوصاً آن قسمتی که به‌عنوان مگنتوهیدرودینامیک[1] گفته می‌شود که به صورت *MHD* برای اختصار نوشته می‌شود. ابتدا هانس آلفون[2] بود که در سال ۱۹۴۰ نظریه مگنتوهیدرودینامیک را که در آن پلاسما اساساً مانند یک سیال هادی رفتار می‌کند، را توسعه داد و به پیشرفت‌های زیادی رسید[۵].

انتشار امواج در فیزیک به‌طور سنتی به‌وسیله‌ی جواب‌های معادله‌های موج تجزیه و تحلیل می‌شود. وقتی پالسی وارد محیطی می‌شود در اثر برهم‌کنش با محیط حداقل تحت تأثیر پدیده‌های پراش و پاشندگی قرار می‌گیرد، ممکن است این تأثیرات را به کمک پدیده‌ها ناشی از خودکانونی[3] و خود مدولاسیون فازی[4] خنثی کرد، در این صورت پالس ضمن عبور از محیط شکل خود را حفظ می‌کند. پالس‌هایی که شکل آن‌ها ضمن گذر از محیط در طول زمان و در بعد مکان ثابت بماند به ترتیب سالیتون‌های زمانی یا مکانی نامیده می‌شوند، و اگر شکل پالس در هر دو بعد زمانی و مکانی در نتیجه‌ی موازنه بین سرعت گروه، پراش و مدولاسیون فازی حفظ شود به سالیتون‌های مکانی- زمانی یا گلوله‌های نوری مشهورمی‌شوند[۶ و۷].

امروزه سالیتون‌ها در شاخه‌های مختلف فیزیکی گسترش یافته‌اند و امکان انتشار آن‌ها در بسیاری از سیستم‌های فیزیکی به اثبات رسیده است. آزمایش‌ها و مبانی نظری بسیاری برای آشکار کردن صورت واقعی سالیتون‌ها و برهم‌کنش میان آن‌ها در چند بعد گزارش شده است برای تعریف سالیتون‌ها معنای واحدی نمی‌توان در نظر گرفت از دیدگاه فیزیکی به موجی که شکل آن تغییر نکند، و در منطقه‌ای از فضا محدود باشد و بعد از برخورد با سالیتون‌های دیگر شکل خود را حفظ کند، سالیتون گفته می‌شود.

در ریاضیات و فیزیک «سالیتون»[5] یک موج منزوی خودتقویت کننده (یک بسته موج یا پالس) است که وقتی با سرعت ثابت حرکت می‌کند شکلش را حفظ می‌کند. سالیتون در نتیجه‌ی خنثی‌سازی آثار غیرخطی و پاشندگی در محیط حاصل می‌شود. آثار پاشندگی به رابطه‌ی بین فرکانس و سرعت امواج برمی‌گردد[۸].

---

[1] magnetohydrodynamics
[2] Hannes Alfven
[3] Self focusing
[4] Self phase Modulation
[5] Soliton

سالیتون نوعی ساختار پایای غیرخطی است که هنگام انتشار در محیط، شکل و دامنه خود را به خوبی حفظ می‌کند، این ساختار پایا حاصل تعادل بین اثرات پاشندگی و اثرات غیرخطی در یک محیط می‌باشد. دو دسته‌ی عمده سالیتون‌ها در پلاسما از معادله‌ی غیرخطی کرتوگ- دوریس[۱] (kdv) و معادله غیرخطی شرودینگر[۲] به‌دست می‌آیند. در دامنه‌های بزرگ معادله‌ی kdv حاکم بر انتشار امواج یونی در پلاسما است و جواب این معادله را سالیتون یون- صوتی می‌نامند. شبیه‌سازی رفتارهای غیرخطی با ظهور کامپیوترها ممکن شد، کروسکال[۳] و زاباسکی[۴] با استفاده از روش‌های عددی نشان دادند دو سالیتون پس از برخورد در اثر برهم‌کنش شتاب اندکی می‌گیرند، بنابراین سالیتون‌ها خواص ذره‌ای دارند[۹]. مطالعه امواج سالیتونی در پلاسما در دهه‌های اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته است. امواج سالیتونی خطی و غیرخطی می‌توانند در پلاسما منتشر شوند.

اولین بار شوکلا[۵] و سیلین[۶] در سال ۱۹۹۲ به صورت تئوری وجود امواج غباری یون- صوتی را در یک پلاسمای سه جزئی شامل الکترون‌ها، یون‌ها و ذرات غبار ساکن دارای بارمنفی بررسی کردند و نشان دادند، سرعت فاز این امواج بسیار بیشتر از سرعت حرارتی یون‌ها و بسیار کمتر از سرعت حرارتی الکترون‌ها است، و می‌توان انتشار موج را نتیجه‌ی نوسان جرم یون‌ها تحت تأثیر نیروی بازگرداننده ناشی از فشار حرارتی الکترون‌ها دانست. خصوصیات و کاربردهای پلاسمای غبار که در فضا، آزمایشگاه و پلاسماهای صنعتی یافت می‌شود، اخیراً مورد توجه دانشمندان زیادی قرار گرفته است[۱۰]. شرایدن[۷] جواب‌های سالیتونی معادله‌ی kdv در یک پلاسمای سرد با یون‌های جنبشی و الکترون‌های بولتزمن را با استفاده از روش شبیه‌سازی مورد مطالعه قرار داد، طبق نتایج به‌دست آمده سالیتون‌هایی با دامنه بزرگ و سرعت ۱.۵۹ برابر سرعت امواج یون- صوتی در پلاسما ناپایدار می‌باشند، بنابراین تنها برای سالیتون‌هایی با دامنه‌ی کوچک تئوری کرتوگ- دوریس بر نتایج تجربی منطبق می‌باشد[۱۱]. مدودف نیز اثر

---

[1] Kortweg-devrise
[2] Nonlinear Shrodinger Equation
[3] Kruskal
[4] Zabusky
[5] Shukla
[6] Silin
[7] Sheridan

دمایی یون بر روی سالیتون‌های یون- صوتی را با استفاده از روش‌های محاسباتی بررسی کرد، نتایج به‌دست آمده با جواب‌های سالیتونی معادله‌ی kdv و نتایج تجربی مطابقت داشتند[۱۲].

امواج سالیتونی کاملاً پایدارند و در صورت اختلال دوباره به حالت اولیه‌ی خود ادامه حرکت می‌دهند. به‌طور کلی امواج سالینونی به امواجی گفته می‌شود که بدون تغییر در مسیر خود حرکت کنند (تصور می‌شود خط راستی وجود دارد با یک برآمدگی، این برآمدگی بدون هیچ تغییری در امتداد مسیرش حرکت کند) در طبیعت نیز گاهی می‌توان چنین موج‌هایی مشاهده کرد[۱۳].

مباحثی که در این پایان‌نامه مطالعه می‌شوند، در قالب شش فصل گردآوری شده‌اند. در فصل اوّل، مقدمه‌ای در مورد پلاسما، سالیتون و مطالب موجود در این پایان‌نامه عنوان شده است. در فصل دوم، تعریفی از پلاسما ارائه شده است و معیارهای تشخیص پلاسما مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در ادامه، با استفاده از تابع توزیع بولتزمن، معادلات حاکم بر پلاسما (پایستگی چگالی تعداد الکترونی، معادلات انتقال تکانه و انرژی) را به‌دست آورده و بر اساس آن‌ها پلاسما به سه دسته، پلاسمای سرد، گرم و داغ تقسیم بندی شده است و در نهایت نوع جدیدی از پلاسما یعنی پلاسمای کوانتومی مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل سوم، توضیحاتی در مورد امواج سالیتونی و امواج در پلاسما داده شده است. در فصل چهارم، امواج سالیتونی در پلاسمای گرم و هم‌چنین پلاسمای گرم با حضور میدان مغناطیسی را مورد ارزیابی قرار داده و به رسم نمودارهای لازم و تفسیر آن‌ها پرداخته شده است. در انتها، در فصل پنجم، که بخش اصلی این پایان‌نامه را تشکیل می‌دهد، امواج سالیتونی در پلاسمای کوانتومی مورد ارزیابی قرار گرفته، و با رسم نمودارهای لازم و تفسیر آن‌ها، مقایسه‌ای بین این حالت‌ها با پلاسمای غیرکوانتومی صورت گرفته است. در فصل ششم نیز به‌طور کلی از شکل‌های رسم‌شده، نحوه‌ی انتشار امواج سالیتونی در پلاسمای مغناطیسی، غیرمغناطیسی، کوانتومی و غیرکوانتومی نتیجه‌گیری شد.

فصل دوّم

۲-۱ پلاسما

عبارت پلاسما برای توصیف وسیعی از مواد بکار می‌رود که از دیدگاه ماکروسکوپی و الکتریکی خنثی باشد و شامل تعداد زیادی الکترون‌های آزاد، اتم‌ها یا مولکول‌های یونیزه باشند. این ذرات با یکدیگر دارای برهم‌کنش بوده و یک رفتار تجمعی را از خود نشان می‌دهند. به همه‌ی محیط‌هایی که شامل ذرات باردار باشند پلاسما اطلاق نمی‌گردد. خصوصیات یک پلاسما عمدتاً به برهم‌کنش ذرات آن بستگی دارد. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌هایی که یک پلاسما را از سیالات عمومی یا جامدات متمایز می‌سازد، اثرات تجمعی[1] پلاسما است. به علت برد بلند نیروهای الکترومغناطیسی هر ذره‌ی باردار درون پلاسما، با تعداد قابل توجهی از ذرات باردار دیگر در هر لحظه برهم‌کنش دارد که این منجر به اثرات تجمعی مهمی می‌گردد.

پلاسما سامانه‌ای از ذرات باردار و خنثی است که دارای دو ویژگی مهم شبه خنثایی و خاصیت تجمعی می‌باشد. اجزاء سازنده‌ی محیط پلاسما ذرات خنثی و ذرات باردار به‌صورت یون‌های مثبت و منفی هستند. مولکول‌ها که از انواع متعددی می‌باشند، ممکن است در حالت پایه‌ی خود و یا در حالت‌های تحریک شده‌ی دورانی، ارتعاشی و الکتریکی قرار گیرند. یون‌های مثبت نیز ممکن است وضع مشابهی داشته باشند. چنین پلاسمایی را عموماً به‌وسیله‌ی تخلیه‌ی الکتریکی گازها تولید می‌کنند ولی آن‌ها را می‌توان به‌وسیله‌ی حرارت دادن مداوم و یا ناگهانی مواد تا درجه حرارت‌های بالا و یا به‌وسیله‌ی فرایندهای شیمیایی و تابش پرتوهای لیزری پرشدت نیز به‌دست آورد.

[1] Collective effects